

**EFEK MIKORIZA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN AKUMULASI Cr^{6+} PADA
TANAMAN *Panicum miliaceum*
(THE EFFECT OF MYCORRHIZA TO GROWTH AND Cr^{6+} ACCUMULATION IN
Panicum miliaceum)**

Oleh,

Agus Sulistiyono

NIM: 412013016

SKRIPSI

**Diajukan kepada Program Studi: Biologi, Fakultas: Biologi guna memenuhi sebagian dari
persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains (Biologi)**

Program Studi Biologi



**Fakultas Biologi
Universitas Kristen Satya Wacana
Salatiga
2017**



PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AGUS SULISTIYONO
NIM : 412013016 Email : agus.myblog@gmail.com
Fakultas : BIOLOGI Program Studi : BIOLOGI
Judul tugas akhir : EFEK MIKROBA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN AKUMULASI Cr^{6+}
PADA TANAMAN *Panicum Miliaceum*
Pembimbing : 1. Dr. Sri Kasmiyati, S. Si, M. Si
2. _____

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 26 JANUARI 2017





PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AGUS SULISTIONO
NIM : 412013016 Email : agus.myblog@gmail.com
Fakultas : BIOLOGI Program Studi : BIOLOGI
Judul tugas akhir : EFEK MIKORIZA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN AKUMULASI C₆H₆
PADA TANAMAN *Panicum Mitaceum*

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA**

* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

** Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing I dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 26 JANUARI 2017

1956

AGUS SULISTIONO

Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Mengetahui,

Dr. Sri Kasmiyah, M.Si
Tanda tangan & nama terang pembimbing I

Tanda tangan & nama terang pembimbing II

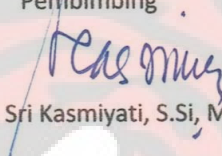
**EFEK MIKORIZA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN AKUMULASI Cr^{6+} PADA
TANAMAN *Panicum miliaceum*
(THE EFFECT OF MYCORRHIZA TO GROWTH AND Cr^{6+} ACCUMULATION IN
Panicum miliaceum)**

Oleh,
Agus Sulistiyono
NIM: 412013016

SKRIPSI

Diajukan kepada Program Studi: Biologi, Fakultas: Biologi guna memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains (Biologi)

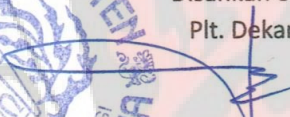
Disetujui oleh,
Pembimbing


Dr. Sri Kasmiyati, S.Si, M.Si

Diketahui oleh,
Kaprodi,


Drs. Sudahyo, M.Sc.

Disahkan oleh,
Plt. Dekan,


Prof. Dr. Ferdy S. Rondonuwu, M.Sc.


1956
Fakultas Biologi
Universitas Kristen Satya Wacana
Salatiga
2017

Abstract

Hexavalent chromium is a form of Cr that is a strong oxidant, carcinogenic and toxic to plants. The association of millet (*Panicum miliaceum*) with mycorrhizae were able reduce the toxicity of chromium. The aim of research to know the effect of mycorrhizae on the growth and accumulation of Cr^{6+} on millet plants. The research was conducted experimentally with two treatment factors of Cr concentration (without Cr; Cr^{3+} amounted 250 ppm; and Cr^{6+} amounted 5 ppm) and the treatment of mycorrhizae (without mycorrhizae; with mycorrhizae *Glomus fasciculatum*; and with mycorrhizae *Glomus aggregatum*). The millet plants grown on sterile sand medium were given a solution of Cr and mycorrhizae inoculation treatments. Plants were grown for 15 days after mycorrhizae treatment (\pm age of 30 days). The parameters measured include plant growth (height, number, leaf width and dry weight) and the amount of Cr^{6+} in roots and shoots. The results showed that the treatment of *G. fasciculatum* and *G. aggregatum* significantly increase the growth of millet plants that treated with Cr^{6+} . In the treatment of Cr^{6+} , height and biomass of millet plants with inoculated mycorrhizae showed higher values than those without inoculated mycorrhizae. These results showed that mycorrhizae association with plant roots has an important role to improve Cr^{6+} stress tolerance in millet plants. The treatment of Cr^{6+} concentration and mycorrhizae were significantly affect the Cr^{6+} accumulation in the roots and shoots of millet plants. The accumulation of Cr^{6+} in the shoots is higher than in the roots. In the treatment of Cr^{3+} and Cr^{6+} , Cr^{6+} accumulation in the shoots and roots of plants inoculated with mycorrhizae showed higher values than those without inoculated mycorrhizae. Roots and shoots of plants treated with 5 ppm of Cr^{6+} and inoculated with *G. fasciculatum* showed the highest accumulation of Cr^{6+} , respectively by 0.8 mg/L. Length growth of the sprouts millet were not inoculated mycorrhizae higher than the sprouts were inoculated mycorrhizae. The content of Cr^{6+} on sand media treated Cr and mycorrhizae showed values significantly different compared with controls.

Keywords: Chromium, Heavy metal, Mycorrhiza, *Panicum miliaceum*

PENDAHULUAN

Kromium merupakan logam yang cukup melimpah dimuka bumi (Katz and Salem, 1994). Logam krom (Cr) secara umum biasa digunakan pada industri pelapisan logam, industri cat dan zat warna tekstil. Logam krom dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah yang kecil, tetapi bila dosis yang tinggi dapat menjadi racun (Pellerin, 2006). Sifat yang dimiliki krom bergantung pada tingkat oksidasinya. Diketahui bahwa Cr^{3+} bermanfaat dalam proses metabolisme glukosa, lemak dan protein pada makhluk hidup. Akan tetapi Cr^{6+} merupakan oksidator kuat dan memiliki sifat sangat toksik serta karsinogenik (Chwastowska *et al*, 2005).

Tanaman yang tumbuh pada tingkat cemaran krom yang tinggi akan menunjukkan beberapa dampak, seperti terjadinya klorosis pada daun tua dan muncul bintik-bintik pada daun muda sebagai dampak terjadinya penurunan klorofil (Shanker, 2005). Pemanfaatan jamur mikoriza dalam meningkatkan daya produksi tanah dengan cara menginokulasikannya ke dalam tanah. Mikoriza merupakan mutualistik antara jamur dengan akar tumbuhan tingkat tinggi (Smith and Read, 1997). Mikoriza memiliki kemampuan berasosiasi membentuk simbiosis mutualistik dengan hampir 80% spesies tanaman (Steussy, 1992).

Simbiosis jamur mikoriza arbuskula merupakan bentuk hubungan yang memberikan manfaat besar bagi kebanyakan tanaman darat, karena dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan resistensi terhadap cekaman biotis dan abiotis, dan dapat meningkatkan diversitas ekologi. Akar tanaman yang bermikoriza dapat menghambat infeksi patogen melalui mekanisme mikoriza menciptakan lingkungan yang tidak menguntungkan untuk pertumbuhan patogen dengan cara menggunakan karbohidrat dan eskudat akar. Mikoriza juga mampu mengeluarkan zat yang dapat mematikan patogen (Abbot and Robson, 1984). Fungi mikoriza termasuk golongan endomikoriza. Pada tipe ini dicirikan oleh hifa yang intraseluler yaitu hifa yang mampu untuk menembus ke dalam korteks dari satu sel ke sel yang lain (Manan, 1993). Sel-sel tersebut terdapat hifa yang membelit atau struktur hifa yang bercabang-cabang yang disebut arbuskula. Arbuskula merupakan tempat pertukaran metabolit antara jamur dan tanaman. Adanya arbuskula sangat penting dalam mengidentifikasi bahwa telah terjadi infeksi pada akar tanaman (Delvian, 2003).

Beberapa tanaman mampu untuk hidup pada area yang tercemar logam berat karena memiliki kemampuan untuk mengakumulasi cemaran logam yang cukup tinggi (Cunningham, 1996). Tanaman yang dapat mengakumulasi logam berat salah satunya adalah *Panicum miliaceum* yang merupakan tanaman dalam jenis millet yang tersebar di hampir seluruh wilayah Indonesia. Tanaman ini sangat mudah untuk dibudayakan karena dapat ditanam pada tanah gembur dengan cara ditabur dan tidak mengenal musim (Joseph *et al*, 1995) (Wong and Bradshaw, 1982).

Simbiosis mikoriza arbuskular dengan akar tanaman juga mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan kelembapan yang ekstrim serta membantu akumulasi zat-zat yang beracun bagi tanaman (Aisyah dan Hardiani, 2009). Mikoriza genus *Glomus* yang berasosiasi dengan tanaman efektif dalam menyerap logam berat yaitu Cd, Zn, dan Pb (Adholeya and Gaur, 2004). Dalam penelitian ini digunakan mikoriza *Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum* karena memiliki kemampuan beradaptasi yang tinggi serta memiliki kemampuan berkembang biak yang cukup singkat (Baon, 1998). Penelitian mengenai tanaman *Panicum miliaceum* masih sangat jarang dilakukan, maka perlu untuk dilakukan penelitian mengenai tanaman *Panicum miliaceum* dalam akumulasi Cr^{6+} .

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan akumulasi Cr^{6+} oleh tanaman *Panicum miliaceum* dengan pemberian mikoriza *Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum* pada media yang tercemar logam berat kromium dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Parameter yang digunakan adalah pertumbuhan tanaman dan akumulasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk daun.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan 2 faktor yaitu perlakuan Cr (tanpa Cr; Cr^{3+} sebesar 250 ppm; dan Cr^{6+} sebesar 5 ppm) dan perlakuan mikoriza (tanpa mikoriza; dengan mikoriza *Glomus fasciculatum*; dan dengan mikoriza *Glomus aggregatum*). Isolat mikoriza diperoleh dari BIOTROP Bogor, biji millet yang digunakan diperoleh dari toko pertanian di daerah Salatiga.

Perkecambahan Biji Millet

Biji millet (*P. miliaceum*) yang dikecambahkan dipilih berdasarkan ukuran yang seragam dan bernas. Sebelum dikecambahkan biji terlebih dahulu direndam di dalam air selama dua hari untuk mempercepat proses perkecambahannya. Setelah dua hari, biji millet dikecambahkan pada media tanah berpasir dan dijaga kelembapannya dengan cara disiram dengan air setiap hari selama ± 2 minggu. Sebagai perbandingan dilakukan perkecambahan biji millet sesudah media tanam diberi perlakuan Cr dan perlakuan mikoriza pada wadah *ice tray*.

Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan pasir steril. Sebelum disterilkan pasir terlebih dahulu dicuci dengan air mengalir sampai bersih dari tanah. Sterilisasi dilakukan dengan cara pasir sungai yang telah dicuci masing-masing seberat 15 kg dimasukkan kedalam plastik khusus dan disterilisasi dengan *autoclave* pada tekanan 15 psi selama 1 jam (Sangwan, 2013). Pasir yang telah disterilkan sebanyak 300 gram dimasukkan ke dalam gelas plastik dan digunakan sebagai media tanam. Pada perlakuan perkecambahan biji millet sebanyak ± 25 gram pasir dimasukkan ke dalam *ice tray*.

Pemindahan Bibit Millet

Bibit millet yang telah berumur 2 minggu dari hasil perkecambahan dipindahkan ke media tanam pasir steril, tanaman millet diaklimatisasi selama 3 hari sebelum diberi perlakuan Cr. Selama proses aklimatisasi dilakukan pemeliharaan dengan cara disiram air.

Pemberian Perlakuan Cr

Pemberian perlakuan Cr diberikan pada bibit tanaman millet yang telah diaklimatisasi selama 3 hari. Perlakuan Cr terdiri dari Cr 6^+ berupa senyawa $K_2Cr_2O_7$ dan Cr 3^+ berupa $CrCl_3 \cdot 6H_2O$. Perlakuan Cr ditambahkan pada media pasir dalam bentuk larutan dengan konsentrasi sesuai dengan perlakuan. Perlakuan yang diberikan adalah tanpa Cr; Cr 6^+ 5 ppm dan Cr 3^+ 250 ppm. Setiap perlakuan, diulang sebanyak 4 kali. Cr yang diberikan ke media tumbuh dalam bentuk larutan (dengan pelarut akuades) sebagai penyiraman pertama sebanyak 30 ml tiap 300 gram pasir. Pemberian Cr hanya dilakukan di awal, tanaman tidak disirami dengan Cr setiap harinya. Masing-masing perlakuan dilakukan setelah penanaman *Panicum miliaceum*. Pada perlakuan perkecambahan biji millet dilakukan dengan memberikan Cr sebanyak 2 ml pada media tanam sebelum diinokulasi mikoriza.

Inokulasi Mikoriza

Pemberian inokulum mikoriza *Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum* dilakukan 3 hari setelah tanaman diberi perlakuan Cr. Perlakuan masing-masing mikoriza diberikan sebanyak 15 gram disekitar daerah perakaran (Aprilia, 2013). Pada perlakuan perkecambahan biji millet, pemberian inokulum mikoriza sebanyak 1 gram setelah 2 hari perlakuan Cr.

Pemeliharaan Tanaman dan Pengukuran Parameter Pengamatan

Pemeliharaan tanaman dilakukan selama 15 hari setelah perlakuan (tanaman sampai berumur ± 30 hari). Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan cara penyiraman menggunakan air sebanyak 20 ml untuk wadah gelas plastik dan 1 ml untuk wadah *ice tray* setiap hari selama 15 hari. Pada akhir penelitian dilakukan pengukuran parameter meliputi pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, dan berat kering) dan akumulasi Cr^{6+} (dalam akar dan pucuk).

Pengukuran akumulasi Cr^{6+} dalam akar, pucuk, dan kecambah biji millet menggunakan metode kolometri *diphenylcarbazide* (Gheju *et al*, 2009). Pengukuran akumulasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk dilakukan dengan cara masing-masing bagian tanaman tersebut dicuci, selanjutnya dioven kering pada suhu $80^\circ C$ selama 2 hari. Setelah itu, sampel di abukan dalam *furnace* selama 5 jam pada suhu $500^\circ C$. Abu tanaman kemudian ditambahkan campuran HNO_3 dan $HClO_4$ dengan perbandingan 4:1 (v/v). Hasil yang didapat kemudian disentrifuge selama 10 menit pada kecepatan 3500 rpm. Supernatan diambil 5 ml, ditambah H_2SO_4 pekat sebanyak 0,02 ml dan 0,1 ml *diphenylkarbazide* 0,5%, diinkubasi selama 15 menit. Larutan kemudian dilihat pada panjang gelombang 540 nm. Konsentrasi Cr^{6+} dihitung dengan kurva standar Cr^{6+} .

Pengukuran akumulasi Cr^{6+} pada pasir menggunakan metode kolometri *diphenylcarbazide*. Sebanyak 5 gram pasir ditambahkan 50 ml buffer fosfat, kemudian di *shaker* 120 rpm selama 24 jam. Setelah itu larutan di *sentrifuge* selama 10 menit dengan kecepatan 3500 rpm. Supernatan diambil 5 ml, ditambahkan 0,02 ml H_2SO_4 pekat dan 0,1 ml *diphenylkarbazide*. Diinkubasi selama ± 15 menit dan larutan dilihat pada panjang gelombang 540 nm.

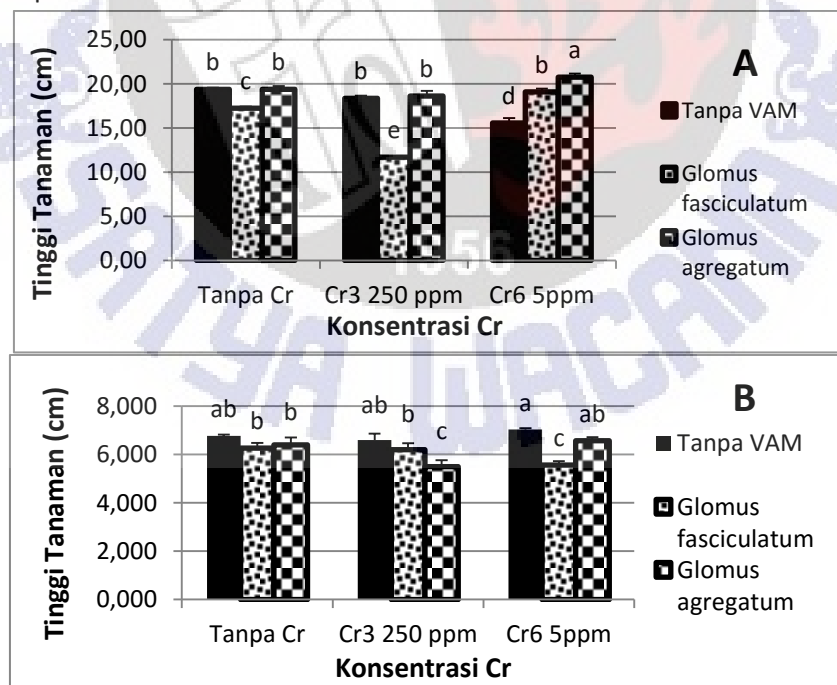
Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan uji ANOVA dan uji lanjut Tukey dengan tingkat signifikansi 5%. Analisis menggunakan program analisis SAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Millet

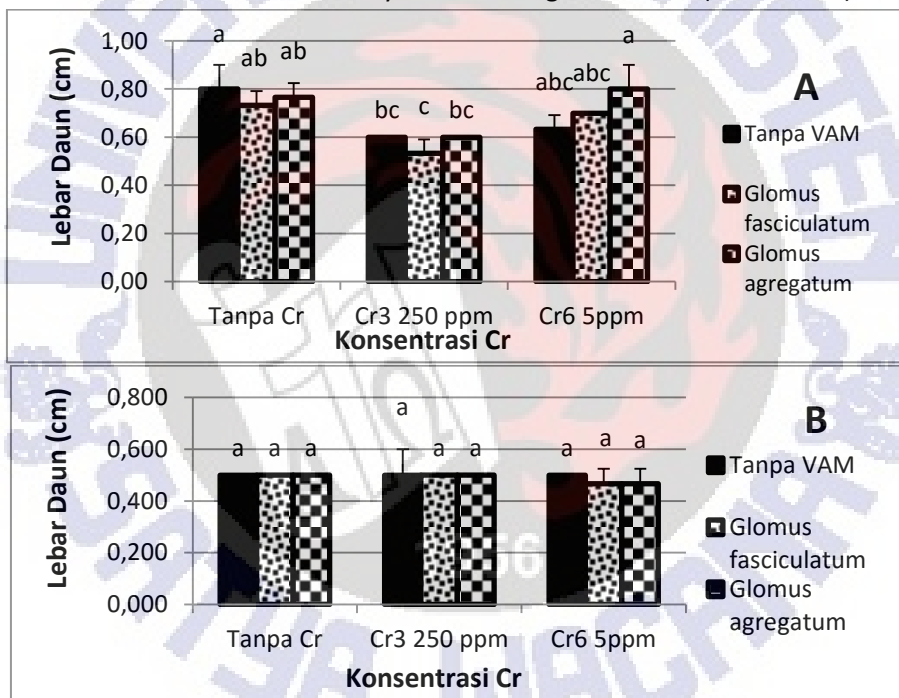
Hasil pengukuran tinggi tanaman millet (Gambar 1A) menunjukkan bahwa perlakuan Cr dan mikoriza mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman. Tinggi tanaman millet yang diberi perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} menunjukkan perbedaan pada yang diberi mikoriza dengan yang tanpa mikoriza. Respon tinggi tanaman millet yang diberi perlakuan Cr^{3+} dan diinokulasi dengan *Glomus fasciculatum* mengalami penurunan secara nyata dibandingkan dengan kontrol sedangkan yang diinokulasi dengan *Glomus aggregatum* tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol. Efek pemberian mikoriza (*Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum*) secara nyata meningkatkan tinggi tanaman millet yang diberi perlakuan Cr^{6+} .



Gambar 1. Perbandingan tinggi tanaman millet (A) umur ± 30 hari dan kecambah millet (B) umur ± 15 hari pada perlakuan Cr dan mikoriza

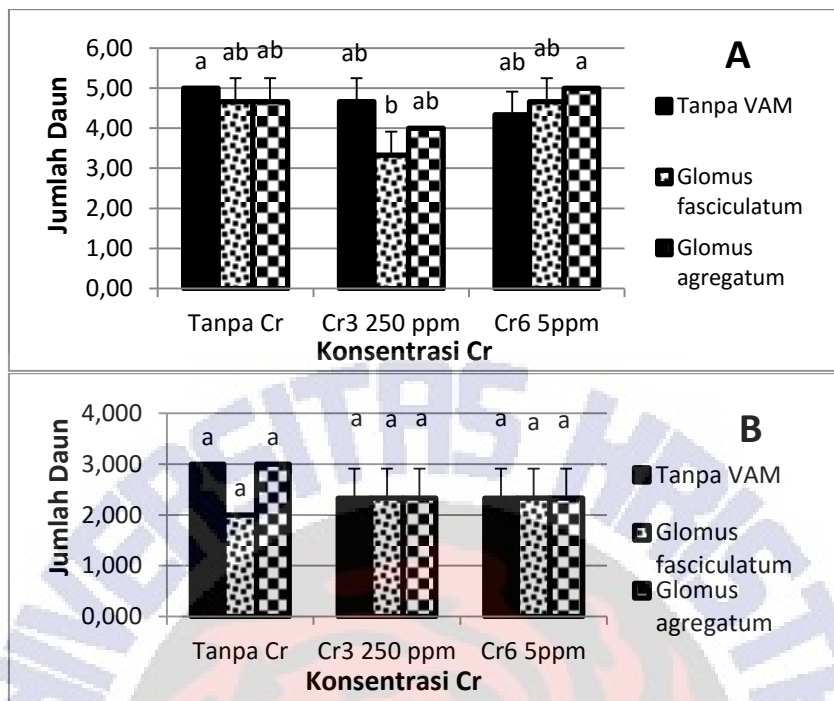
Tinggi tanaman pada kecambah tanaman (Gambar 1B) millet yang diberi perlakuan Cr^{3+} dengan inokulasi mikoriza *Glomus aggregatum* dan perlakuan Cr^{6+} dengan *Glomus fasciculatum* menurunkan secara nyata dibandingkan dengan kontrol. Pemberian perlakuan Cr dan mikoriza memberikan efek terhadap respon tinggi kecambah.

Hasil pengukuran lebar tanaman millet (Gambar 2A) menunjukkan bahwa lebar daun dipengaruhi oleh pemberian Cr dan mikoriza. Lebar daun tanaman millet yang diberi perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} menunjukkan perbedaan pada yang diberi mikoriza dengan yang tanpa mikoriza. Perlakuan Cr^{3+} dan diinokulasi dengan *Glomus fasciculatum* mengalami penurunan secara nyata dibandingkan dengan kontrol sedangkan yang diinokulasi dengan *Glomus aggregatum* tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol. Efek pemberian mikoriza (*Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum*) secara nyata meningkatkan lebar daun tanaman millet yang diberi perlakuan Cr^{6+} . Perlakuan Cr dan inokulasi mikoriza pada lebar daun kecambah millet tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol (Gambar 2B).



Gambar 2. Perbandingan lebar daun tanaman millet (A) umur ± 30 hari dan kecambah millet (B) umur ± 15 hari pada perlakuan Cr dan mikoriza

Pengukuran jumlah daun tanaman millet (Gambar 3A) menunjukkan bahwa jumlah daun dipengaruhi oleh mikoriza dan pemberian Cr. Jumlah daun tanaman millet perlakuan Cr^{6+} dan Cr^{3+} berbeda nyata dengan kontrol. Perlakuan Cr^{3+} yang diinokulasi dengan *Glomus fasciculatum* mengalami penurunan secara nyata dibandingkan dengan kontrol sedangkan yang diinokulasi dengan *Glomus aggregatum* tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol. Respon pemberian mikoriza pada tanaman millet berbeda nyata terhadap jumlah daun. Pada kecambah millet jumlah daun tidak berbeda nyata dengan pemberian perlakuan Cr dan inokulasi mikoriza dibandingkan kontrol (Gambar 3B).



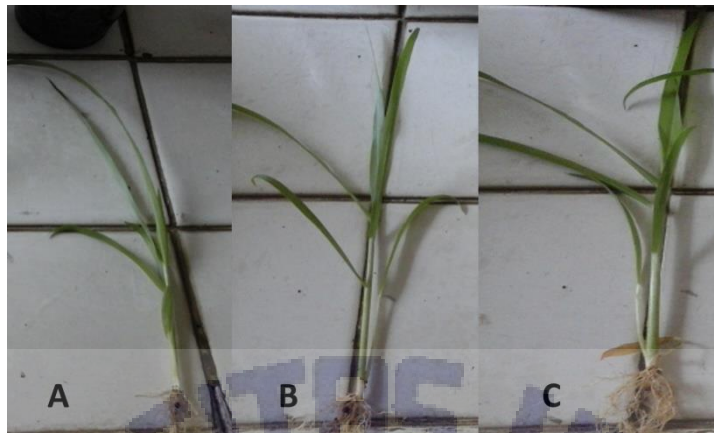
Gambar 3. Perbandingan jumlah daun tanaman millet (A) umur ± 30 hari dan kecambah millet (B) umur ± 15 hari pada perlakuan Cr dan mikoriza

Pertumbuhan tanaman millet yang diberi perlakuan tanpa Cr dengan perlakuan pemberian mikoriza (Gambar 4) menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza *Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum* meningkatkan pertumbuhan tanaman millet.



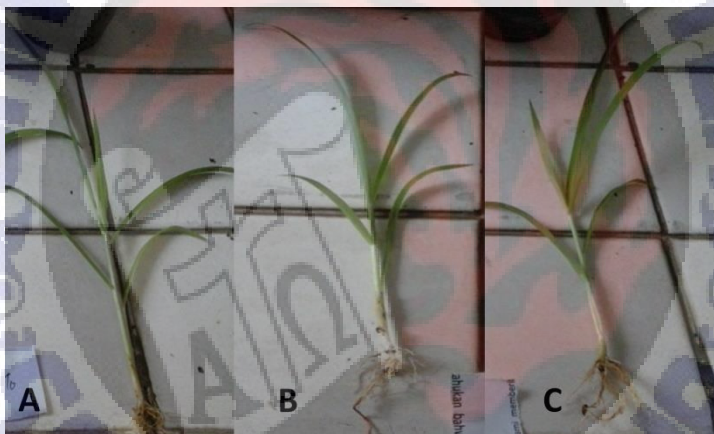
Gambar 4. Pertumbuhan tanaman millet perlakuan tanpa Cr dengan perlakuan tanpa mikoriza (A), mikoriza *Glomus fasciculatum* (B), dan mikoriza *Glomus aggregatum* (C)

Pertumbuhan millet dengan perlakuan Cr^{6+} 5 ppm dengan inokulasi mikoriza (Gambar 5) mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman millet. Tanaman millet yang terpapar Cr^{6+} menunjukkan kondisi fisik tanaman yang menguning dan mengering.



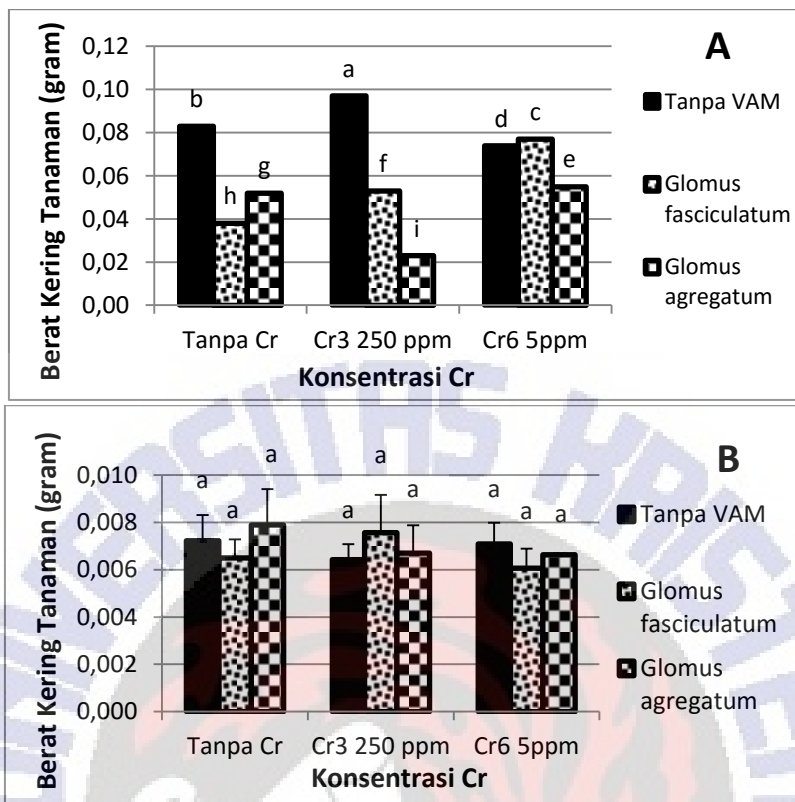
Gambar 5. Pertumbuhan tanaman millet perlakuan Cr^{6+} 5 ppm dengan perlakuan tanpa mikoriza (A), mikoriza *Glomus fasciculatum* (B), dan mikoriza *Glomus aggregatum* (C)

Pertumbuhan tanaman millet dengan perlakuan Cr^{3+} 250 ppm dengan inokulasi mikoriza *Glomus aggregatum* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan inokulasi *Glomus fasciculatum* (Gambar 6).



Gambar 6. Pertumbuhan tanaman millet perlakuan Cr^{3+} 250 ppm dengan perlakuan tanpa mikoriza (A), mikoriza *Glomus fasciculatum* (B), dan mikoriza *Glomus aggregatum* (C)

Pengukuran berat kering tanaman millet (Gambar 7A) dipengaruhi oleh pemberian Cr dan mikoriza. Pemberian Cr^{3+} dan *Glomus aggregatum* menurunkan secara nyata berat kering tanaman millet dibandingkan kontrol sedangkan yang diinokulasi *Glomus fasciculatum* meningkatkan secara nyata dibandingkan kontrol. Pemberian Cr^{6+} dan mikoriza (*Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum*) meningkatkan secara nyata terhadap berat kering tanaman millet dibandingkan kontrol. Efek pemberian Cr dan mikoriza secara nyata mempengaruhi berat kering tanaman millet. Berat kering pada perkecambahan millet yang diberi perlakuan Cr dan mikoriza tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (Gambar 7B). Pemberian perlakuan Cr tidak memberikan efek pada berat kering kecambah millet baik yang diberi mikoriza dan tidak diberi mikoriza.

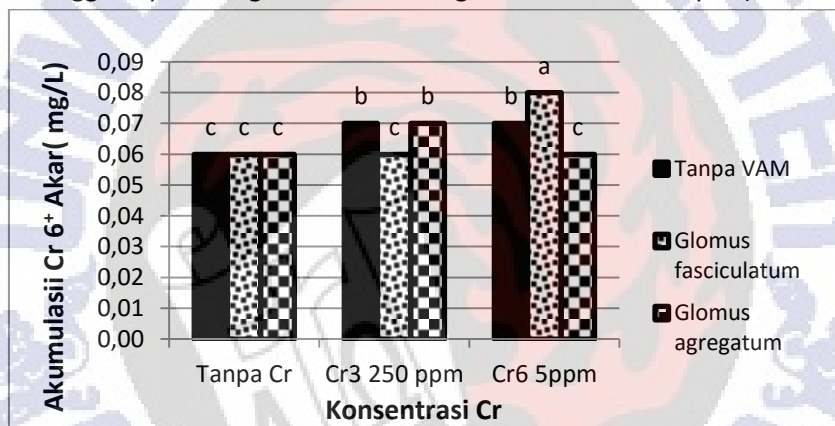


Gambar 7. Perbandingan berat kering tanaman millet (A) umur ± 30 hari dan kecambah millet (B) umur ± 15 hari pada perlakuan Cr dan mikoriza

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bagyaraj *et al* (1988), pada beberapa tanaman dan penelitian oleh Davies Jr *et al* (2001) pada bunga matahari, pemberian mikoriza dapat membantu untuk meningkatkan toleransi pada tanaman yang terkena Cr dengan melihat pada pertumbuhan tinggi tanaman yang diinokulasi mikoriza dan yang tidak diberi mikoriza. Mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman karena dapat memproduksi jalinan hifa sehingga meningkatkan kapasitasnya dalam penyerapan air dan unsur hara. Dengan adanya peran mikoriza dalam penyerapan unsur hara dan air, maka sel tumbuhan akan cepat tumbuh dan berkembang, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman (Rossiana, 2003). Penambahan logam Cr mempengaruhi berat kering tanaman, hal ini dikarenakan logam berat Cr dapat menyebabkan terbatasnya jumlah fosfor, kalium dan besi yang ada di dalam jaringan akar, sehingga menyebabkan pertumbuhan akar dan perkembangan jaringan meristem menjadi lambat. Ion logam dapat mengganggu kerja enzim, yang menyebabkan proses metabolisme pada tanaman terhambat serta berpengaruh terhadap pembentukan sel-sel jaringan tanaman, khususnya jaringan meristem. Penambahan logam berat juga dapat menghambat proses respirasi dan fotosintesis pada tanaman sehingga pembentukan luas ukuran daun terhambat (Rossiana, 2003).

Akumulasi Cr^{6+} pada Tanaman dan Media Tanam

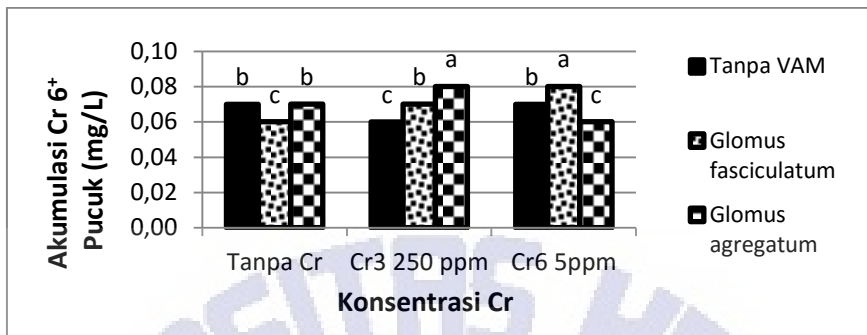
Pengukuran akumulasi Cr pada bagian akar dapat dilihat pada Gambar 8, pemberian mikoriza secara nyata meningkatkan dalam akumulasi Cr^{6+} pada akar. Perlakuan Cr^{3+} pada tanaman millet yang diberi inokulasi *Glomus aggregatum* meningkatkan secara nyata akumulasi Cr^{6+} pada bagian akar dibandingkan dengan kontrol, sedangkan yang diberi inokulasi *Glomus fasciculatum* tidak berbeda nyata dengan kontrol. Pemberian Cr^{6+} dan *Glomus fasciculatum* secara nyata meningkatkan akumulasi Cr^{6+} . Hasil yang sama dengan penelitian ini juga dilaporkan oleh Hardiani pada akar tanaman kakawatan (*Ischaemum timorense*) dan Dahlia (*Dahlia pinnata*), akar yang bermikoriza dapat mengakumulasi logam lebih banyak. Logam berat diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Mekanisme perlindungan akar oleh jamur mikoriza terhadap logam berat yaitu melalui penimbunan unsur dalam akar yang telah bersimbiosis dengan mikoriza, sehingga dapat mengakumulasi logam berat lebih banyak (Hardiani, 2009).



Gambar 8. Akumulasi Cr^{6+} bagian akar tanaman millet (umur ± 30 hari) pada perlakuan Cr dan mikoriza

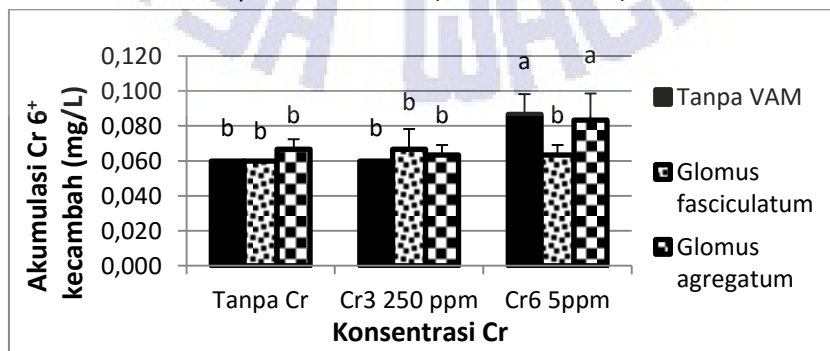
Pada bagian pucuk tanaman millet yang bersimbiosis dengan mikoriza dapat mengakumulasi Cr^{6+} lebih banyak dari pada tanaman tanpa mikoriza (Gambar 9). Pemberian Cr (Cr^{3+} dan Cr^{6+}) dan mikoriza (*Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum*) meningkatkan secara nyata akumulasi Cr^{6+} dibandingkan dengan kontrol. Akumulasi Cr^{6+} tertinggi pada pemberian Cr^{3+} dan *Glomus aggregatum* serta pemberian Cr^{6+} dan *Glomus fasciculatum*. Akumulasi Cr^{6+} pada pucuk lebih besar dari pada di akar, hal ini disebabkan karena logam Cr telah di lokalisasi pada bagian sel tertentu biasanya pada bagian vakuola daun untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tanaman (Priyanto dan Prayitno, 2007). Akumulasi logam Cr^{6+} pada akar tanaman melalui bantuan transport liquid dalam membran akar, akan membentuk transpor logam yang kompleks dan menembus xilem menuju ke sel daun tanaman. Kemudian, jika telah sampai di daun akan melewati plasmalema, sitoplasma dan vakuola, dimana logam Cr^{6+} akan terakumulasi dalam vakuola yang tidak akan berhubungan dengan proses fisiologis sel tumbuhan.

Mekanisme perlindungan dari logam berat beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi atau penimbunan unsur tersebut dalam hifa jamur (Donelly, 1994).



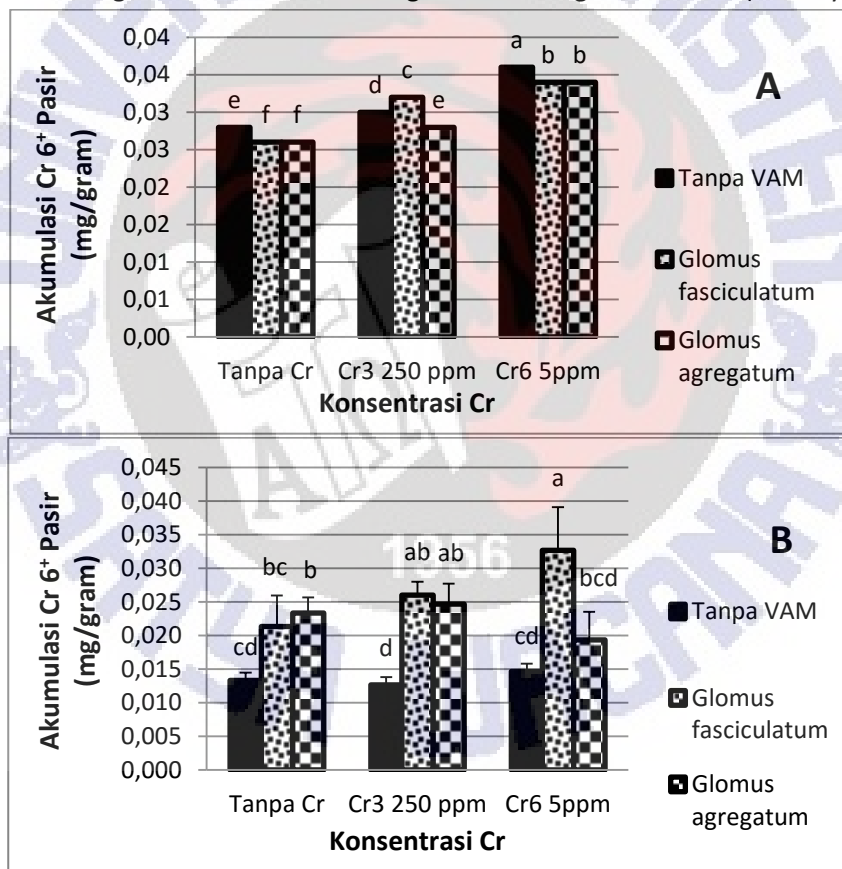
Gambar 9. Akumulasi Cr⁶⁺ bagian pucuk tanaman millet (umur ±30 hari) pada perlakuan Cr dan mikoriza

Kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi logam berat tidak dimiliki oleh setiap tumbuhan. Tumbuhan memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat yang berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya. *Panicum miliaceum* merupakan salah satu tumbuhan yang termasuk pada spesies *ruderal* (spesies yang mampu berkembang dalam lingkungan tercemar serta memiliki siklus hidup yang relatif cepat), dapat mengakumulasi pencemar dalam jumlah yang cukup dan hanya sedikit yang menampilkan gejala kerusakan eksternal (Sagita, 2002). Mikoriza memegang peranan penting dalam melindungi akar tanaman dari unsur beracun seperti logam berat Cr⁶⁺. Penyerapan unsur-unsur mikro oleh tanaman bermikoriza dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kondisi fisik-kimia tanah, tingkat kesuburan tanah, pH, jenis tanaman, serta konsentrasi unsur-unsur mikro di dalam tanah (Hardiani, 2009). Pemberian mikoriza dapat membantu membuat tanah menjadi lebih masam yang diakibatkan oleh adanya sekresi metabolit sekunder yang dihasilkan mikoriza seperti asam organik. Pada kondisi tanah yang masam, unsur-unsur mikro akan menjadi mudah larut, keadaan tanah dengan pH masam menyebabkan logam-logam berat yang terkandung dalam medium tersebut menjadi larut dan aktif diserap oleh tanaman (Sarwono, 1995).



Gambar 10. Akumulasi Cr⁶⁺ kecambah millet (umur ±15 hari) pada perlakuan Cr dan mikoriza

Pada kecambah millet pemberian perlakuan Cr^{3+} dengan mikoriza *Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum* tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol, sedangkan perlakuan Cr^{6+} dengan inokulasi *Glomus aggregatum* mampu meningkatkan akumulasi Cr^{6+} pada kecambah millet. Mikoriza diketahui dapat mengikat logam pada gugus karboksil dan senyawa pektat (hemiselulosa) pada matriks antar permukaan kontak mikoriza dan tanaman inang, pada selubung polisakarida dan dinding sel hifa (Rossiana, 2003). Tumbuhan pada saat menyerap logam berat, akan membentuk enzim reduktase di daerah membran akarnya. Enzim ini memiliki peranan dalam mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme khusus di dalam membran akar. Saat proses translokasi di dalam tubuh tanaman, logam yang masuk ke dalam sel akar, kemudian akan diangkut ke bagian tumbuhan yang lain melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem. Jamur mikoriza mampu untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap logam berat beracun dengan melalui akumulasi logam dalam bagian tanaman (Donelly, 1994).



Gambar 11. Perbandingan kandungan Cr^{6+} media tanam pasir tanaman millet (A) umur ± 30 hari dan kecambah millet (B) umur ± 15 hari pada perlakuan Cr dan mikoriza. Pengukuran kandungan Cr^{6+} pada media pasir yang diberi mikoriza dengan yang tidak diberi mikoriza menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan dengan kontrol. Pada media pasir tanaman millet (Gambar 11A) perlakuan Cr^{6+} dengan pemberian *glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum* menunjukkan penurunan yang nyata dibandingkan

dengan tanpa mikoriza. Pemberian mikoriza pada media tanam kecambah (Gambar 11B) menunjukkan peningkatan yang nyata dibandingkan dengan tanpa mikoriza. Pada media pasir dengan kandungan Cr^{6+} rendah menunjukkan bahwa tanaman millet dapat mengakumulasi Cr^{6+} ke bagian tanaman seperti akar dan pucuk.

KESIMPULAN

Pemberian perlakuan *Glomus fasciculatum* dan *Glomus aggregatum* meningkatkan secara nyata pertumbuhan tanaman millet yang diberi perlakuan Cr^{6+} . Inokulasi mikoriza pada tanaman millet yang diberi perlakuan Cr^{6+} meningkatkan tinggi dan biomassa lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak diberi mikoriza. Mikoriza berperan meningkatkan toleransi tanaman millet terhadap Cr^{6+} yang bersifat toksik. Perlakuan Cr dan mikoriza mempengaruhi secara nyata akumulasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk tanaman millet. Akumulasi Cr^{6+} pada pucuk lebih tinggi dibandingkan pada akar. Pada perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} , akumulasi Cr^{6+} pada pucuk dan akar tanaman millet yang diberi mikoriza lebih tinggi dibandingkan tidak diberi mikoriza. Akumulasi Cr^{6+} paling tinggi dijumpai dalam akar dan pucuk tanaman yang diberi Cr^{6+} 5 ppm dan mikoriza *Glomus fasciculatum*, masing-masing sebesar 0,8 mg/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Sri Kasmiyati, M.Si sebagai pembimbing dalam menyelesaikan penelitian. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan dukungan dan dana kepada penulis untuk studi dan penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbot, L. K. dan Robson, A. D. 1984. *The Effect of Mycorrhizae on Plant Growth*. CRC Press, Inc. Boca Raton. Florida.
- Adholeya and Gaur, A. 2004. Prospect of Arbuscular Mycorrhizal fungi in Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils. *Centre for Mycorrhizal Research, The Energy and Resources Institute, Darbari Seth Block, Habitat Place, Lodhi road, New Delhi*.
- Aisyah, L dan Hardiani, H. 2009. Fitoremediasi Tanah Terkontaminasi Logam Cu Limbah Padat Proses Deinking Industri Kertas Oleh Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus*) Dengan Penambahan Mikoriza. *BS*, Vol. 44 (1).
- Aprilia, Dita Dwi. 2013. *Pengaruh Pemberian Mikoriza Glomus fasciculatum terhadap Pertumbuhan Tanaman yang Ditumbuhkan Pada Media Mengandung Logam Timbal (Pb)*. (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-30994-1509100068-Presentation.pdf>).
- Bagyaraj, F. J., Manjunath, A., Govinda, Y. S. 1988. Mycorrhizal inoculation Effect on Different Crops, *J. Soil Biol.Ecol*, Vol. 8: 98-103.

- Baon, J. B. Peranan Mikoriza VA Pada Kopi dan Kakao. 1998. *Makalah disampaikan dalam workshop Aplikasi Cendawan Mikoriza Arbuskula pada Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan*. Bogor.
- Chwastowska, J., Skawara, W., Sterlinska, E., Pszonicki, L. 2005. *Speciation of chromium in mineral water and salinas by solid-phase extraction and graphite furnace atomic absorption spectrometry*. *Talanta*, 66: 1345-1349.
- Cunningham. 1996. Promises and Prospects of Phytoremediation. *Plant Physiol* 110: 715-719.
- Davies, Jr, FT, Puryear, JD, Newton RJ, Egilla NJ, Grossi JAS. 2001. Mycorrhizal Fungi Enhance Accumulation and Tolerance of Chromium Sunflower (*Helianthus annuus*), *Journal Plant Physiol*. Vol. 158: 777-786.
- Delvian. 2003. Keanekaragaman dan Potensi Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula di Hutan Pantai. *Disertasi Doktor*. IPB Bogor.
- Donnelly, P. K. 1994. Potential Use of Mycorrhizal Fungi as Bioremediation Agents, *American Chemical Society*. USA, pp. 94-97.
- Gheju, M., Ionel, B., Mihaela, C. 2009. Analysis of Hexavalent Chromium Uptake by Plants in Polluted Soils, Ovidius University Press, Vol. 20 (1): 127-131.
- Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas, *BISA*, Vol. 44: (1).
- Joseph GW, Merrilee RA, Raymond E. 1995. *Comparative toxicities of six heavy metals using root elongation and shoot growth in three plant species*. The symposium on environmental toxicology and risk assessment, Atlanta, GA, USA;. pp. 9 – 26.
- Katz S. A. and Salem H. 1994. *The biological and environmental chemistry of chromium*. Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Pappelallee 3 Postfach.
- Manan S. 1993. Pengaruh mikoriza pada pertumbuhan semai Pinus merkusi di persemaian. *Kuliah silvikultur umum*. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Hlm 247-261.
- Pellerin, M. B. 2006. *Reflection on Hexavalent Chromium: Health Hazards of An Industrial Heavyweight*. (<http://www.nickel & chromium hazard/millennium ark water purification.Httpm>). Diakses 30 september 2016.
- Priyanto, B dan Prayitno. 2007. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. *Jurnal Informasi Fitoremediasi*.
- Rossiana, N. 2003. Penurunan Kandungan Logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Sengin (*Paraserianthes falcataria* L. (Nielsen)) Bermikoriza dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi, *Universitas Padjajaran, Bandung*.
- Sagita, W. A. 2002. Uji Kemampuan Akumulasi Logam Kadmium dari Media oleh Rumput Gagajahan (*Panicum maximum* Jacq). *Skripsi S1 Biologi ITB*.
- Sangwan, P. 2013. *Chromium (VI) Induced Biochemical Changes and Gum Content in Cluster Bean (Cyamopsis tetragonoloba L.) at Different Developmental Stages*.

- (http://www.hindawi.com/journal_of_botany/578627). Diakses tanggal 27 September 2016.
- Shanker. 2005. *Chromium toxicity in plants*.
(<http://www.elsevier.com/locate/envint.html>). Diakses tanggal 27 September 2016.
- Sarwono, H. 1995. *Ilmu Tanah*, Penerbit Akademia Pressindo, Jakarta.
- Smith, S.E. and D.J Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Second edition. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publisher. London, pp. 32-79.
- Steussy T. F. 1992. *The Systematics of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Relation to Current Approaches to Biological Classification*. Mycorrhiza. 1: 113- 121.
- Wong MH, Bradshaw AD. 1982. A comparison of the toxicity of heavy metals, using root elongation of rye grass, *Lolium perenne*. *New Phytol* 91, pp. 255–26.

